

# ストリーミングCDN

## ストリーミングシステム(II)

Internet Week 2002 チュートリアル  
2002年12月20日、パシフィコ横浜  
鍋島 公章

## 目次

- ◆ ストリーミング入門
- ◆ CDN入門
- ◆ システム構築例
- ◆ ローカル負荷分散
- ◆ グローバル負荷分散
- ◆ オンデマンドCDN
- ◆ ライブCDN
- ◆ 動的ストリーミングとCDN
- ◆ コンテンツ・インターネットワーキング

## 注釈

- ◆ (*Italic*)の用語はRFCドラフトで定義されているものである

## Part 1 ストリーミング入門

## ストリーミング入門(1)

### ◆ 特徴 (WWWとの違い)

- 連続メディア (*Continuous Media*)
  - ◆ 途中からの再生を許す
    - 制御チャンネル
    - データチャンネル
- リアルタイム・不完全性
  - ◆ 1分間のコンテンツは1分で転送
    - 欠落データはあきらめる
  - ◆ 人間の感性
    - ある程度の乱れには寛容

Copyright (C) kosho.org 2002

5

## ストリーミング入門(2)

### ◆ プロトコル

- 制御チャンネル
  - ◆ 例: RTSP over TCP
  - ◆ ストリーム制御 (再生、停止、早送り、等)
  - ◆ パラメータ設定
  - ◆ コンテンツ属性
- データチャンネル
  - ◆ 例: RTP over UDP
  - ◆ コンテンツの転送
    - 再送要求
    - 配送レート制御



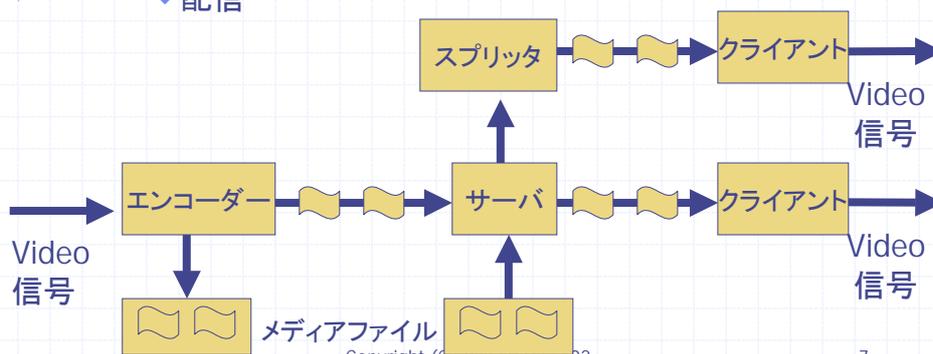
Copyright (C) kosho.org 2002

6

## ストリーミング入門(3)

### ◆ システム

- エンコーダー
  - ◆ 圧縮・変換
- サーバ
  - ◆ 配信
- スプリッタ
  - ◆ 中継
- クライアント
  - ◆ 復元

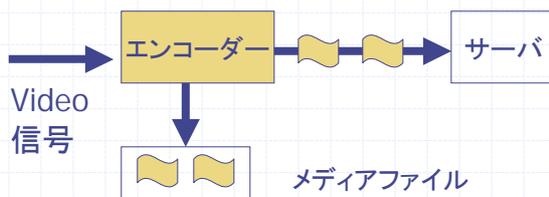


7

## ストリーミング入門(4)

### ◆ エンコーダー

- Video信号をエンコーディングしたものを、チャンクに分断
  - ◆ ライブ
    - サーバに送信
  - ◆ アーカイブ
    - ファイルに格納
- ◆ メディアファイル
  - ヘッダ
    - ◆ 属性情報
  - データ領域
    - ◆ チャンク化されたストリーミングコンテンツ
    - ◆ チャンクは、そのままストリーミングパケットに載る

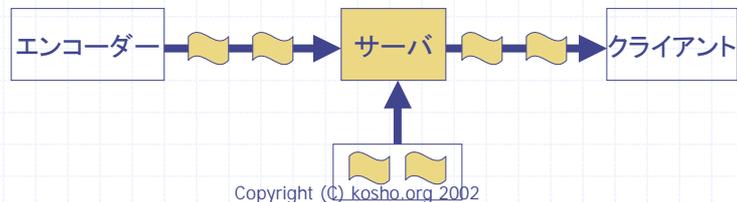


8

## ストリーミング入門(5)

### ◆ サーバ

- シーケンス番号を付加して、チャンクを配送プロトコルで配信
  - ◆ オンデマンド
    - ファイル中のチャンクをパケットに載せ送
  - ◆ ライブ
    - 基本的にそのまま中継
    - サーバとして配信を実行

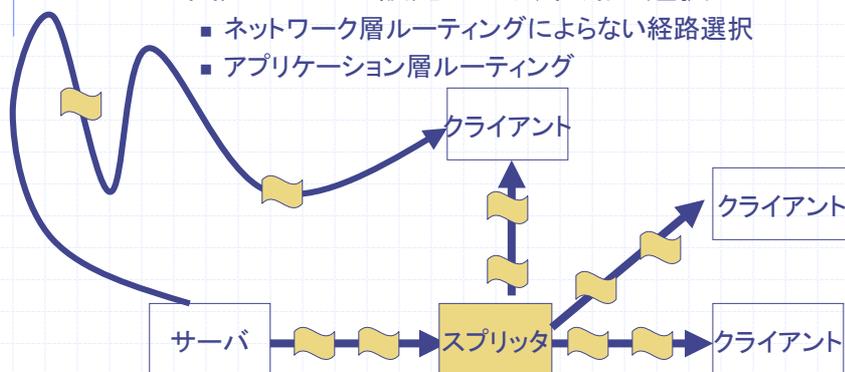


9

## ストリーミング入門(6)

### ◆ スプリッタ

- ストリームコネクションの中継、分岐
  - ◆ 一つの(ライブ)ストリームを、複数のユーザに分岐
  - ◆ 中継ポイントの設定による、経路の選択
    - ネットワーク層ルーティングによらない経路選択
    - アプリケーション層ルーティング

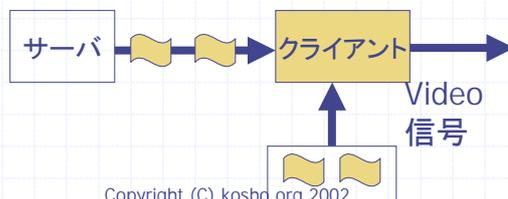


10

## ストリーミング入門(7)

### ◆ クライアント

- Video信号への復元
- バッファリング
  - ◆ パケット到着順の訂正
  - ◆ 欠落パケットの再送要求
    - 再生前に再送要求
  - ◆ 一時的な帯域不足
    - バッファリング中に回復を待つ



Copyright (C) kosho.org 2002

11

## Part 2 CDN入門

Copyright (C) kosho.org 2002

12

## CDN入門(1)

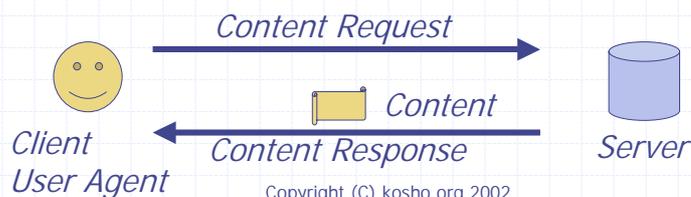
### ◆ Content の Delivery と Distribution

- IETF的定義
  - ◆ 配達(*Delivery*)
    - コンテンツをクライアントに届けること
  - ◆ 流通(*Distribution*)
    - コンテンツを配信網内に分散させること

## CDN入門(2)

### ◆ 基本用語

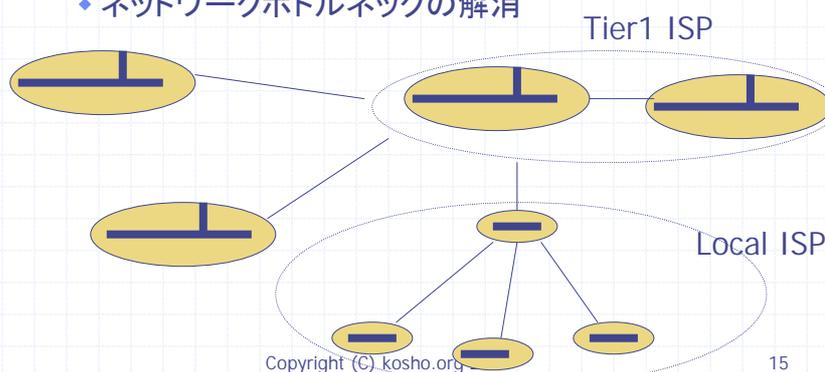
- コンテンツ(*Content*)
  - ◆ デジタルデータ
- クライアント(*Client*)
  - ◆ コンテンツ・リクエスト(*Content Request*)を送信し、コンテンツを含むコンテンツ・レスポンス(*Content Response*)を受信する
- ユーザエージェント(*User Agent*)
  - ◆ リクエストを開始するプログラム
- サーバ(*Server*)
  - ◆ コンテンツ・リクエストを受け、コンテンツ・レスポンスを返す



## CDN入門(3)

### ◆ CDN (Content Distribution / Delivery Network)

- 別名 CN (Content Network)
- 目的
  - ◆ ユーザアクセスの高速化
  - ◆ ネットワークボトルネックの解消



## CDN入門(4)

### ◆ コンテンツネットワークの要素 (Content Network Element)

- サロゲート
- ディストリビューションシステム
- リクエストルーティングシステム
- アカウンティングシステム

## CDN入門(5)

### ◆コンテンツネットワークの要素(1)

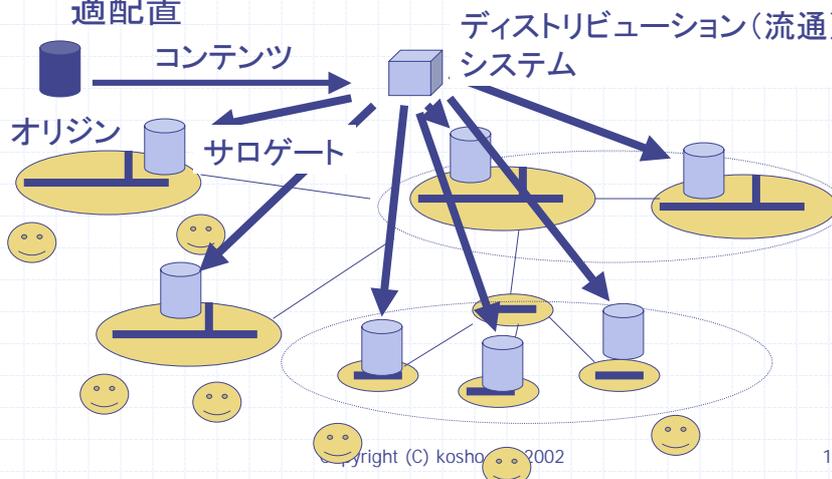
- オリジン(*Origin*)
  - ◆ コンテンツが最初に登録される所
- サロゲート(*Surrogate*)/エッジサーバ
  - ◆ 複製のプレースホルダ
    - リバースプロキシ
    - 部分的ミラーサーバ
  - ◆ スプリッタ
- ディストリビューションシステム(*Distribution System*)
  - ◆ コンテンツをオリジンからサロゲート群に流通(移動、複製)(*Distribution*)
  - ◆ コンテンツの更新情報の通知(*Content Signal*)

Copyright (C) kosho.org 2002

17

## CDN入門(6)

- ◆ セグメント内に、サロゲートを配置
- ◆ Distribution: サロゲート上にコンテンツの複製を最適配置



Copyright (C) kosho.org 2002

18

## CDN入門(7)

### ◆コンテンツネットワークの要素(2)

- リクエストルーティングシステム(*Request Routing System*)
  - ◆ クライアントからのコンテンツリクエストを適切なサロゲートに導く
- アカウンティングシステム(*Accounting System*)
  - ◆ 流通と配送の記録管理
    - ユーザ認証、LOGの回収

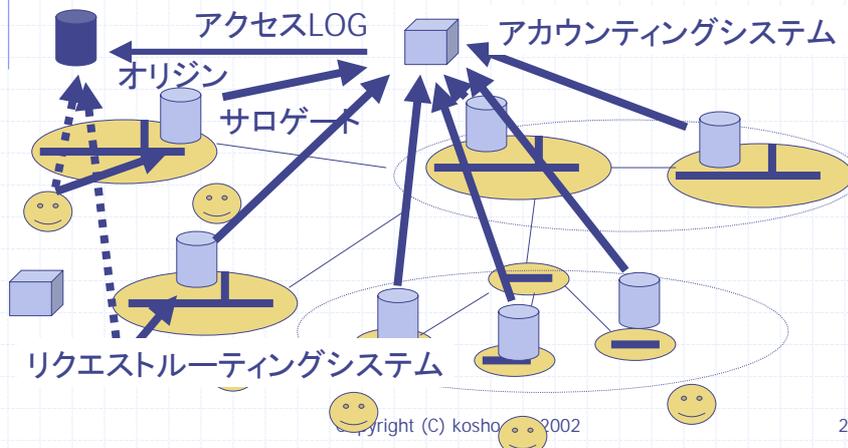
Copyright (C) kosho.org 2002

19

## CDN入門(8)

◆ Request Routing: クライアントのコンテンツ要求を適切なサロゲートに導く

◆ Accounting: ユーザ認証、アクセスLOGの回収

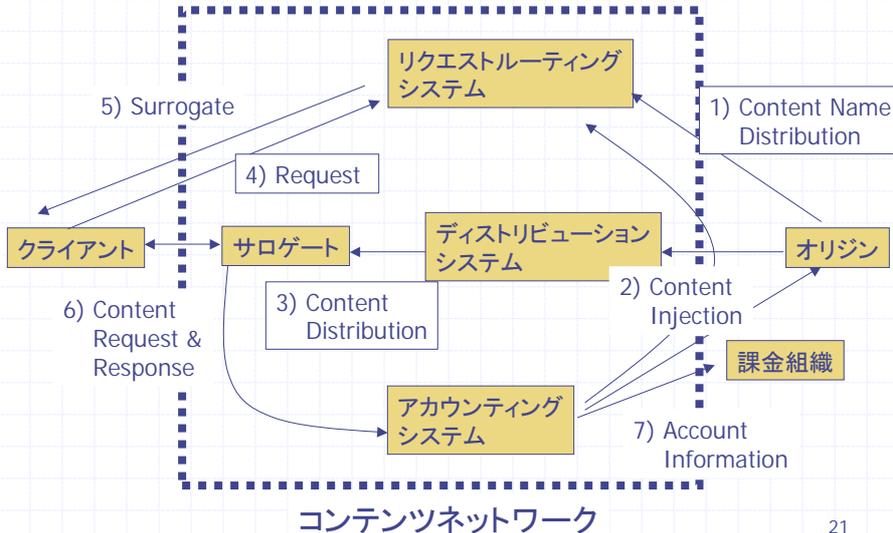


Copyright (C) kosho.org 2002

20

## CDN入門(9)

### ◆ 基本ダイアグラム



## CDN入門(10)

### ◆ ストリーム用CDNの特徴

- ストリームはQoSに敏感
  - ◆ 広帯域、長時間
  - ◆ アグレッシブかつ強力なCDNが必要
- ライブ配信とオンデマンド配信
  - ◆ 経路、QoS制御
- ストリームの複製、動的生成は困難

## CDN入門(11)

### ◆CDN技術と実装レベル

- グローバル・ローカル負荷分散
  - ◆ ラウンドロビン
  - ◆ 負荷分散
  - ◆ 地理的分散
  - ◆ 地理的分散+負荷分散
- コンテンツ複製技術
  - ◆ キャッシュ型
  - ◆ 複製操作(プレロード、明示的削除)型
- アクセスLOG管理
  - ◆ 回収型
  - ◆ 即時型

## Part3 システム実装例

## システム実装例(1)

### ◆ サンプルシステム

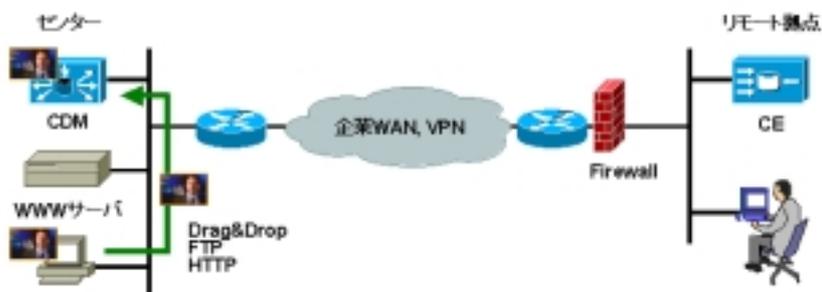
- Cisco Enterprise Content Delivery Network (E-CDN)
- 主要コンポーネント
  - ◆ Content Distribution Manager (CDM)
    - Request Routing, Distribution, Accounting
  - ◆ Content Engine (CE)
    - Surrogate



## システム実装例(2)

### ◆ 基本動作(コンテンツのインポート)

- CDMへコンテンツを登録



## システム実装例(3)

### ◆ 基本動作(コンテンツ複製)

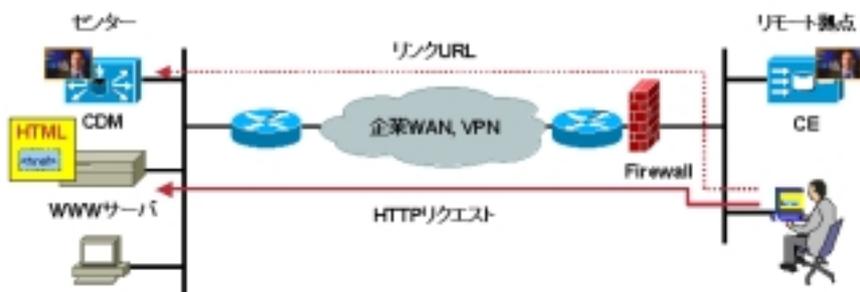
- CEに自動的に複製が配置される
  - ◆ 定期的な更新チェック
  - ◆ スケジューリング
  - ◆ 帯域管理



27

## システム実装例(4)

### ◆ 基本動作(リンクページ編集)



28

## システム実装例(5)

### ◆ 基本動作(コンテンツルーティング)



Copyright (C) kosho.org 2002

29

## システム実装例(6)

### ◆ 基本動作(再生)



Copyright (C) kosho.org 2002

30

## システム実装例(7)

### ◆CEの基本設定

- ネットワーク設定
- CDMの登録
- ディスク割り当て
  - ◆ disk addコマンド
- ストリーミング設定
  - ◆ real-xxxコマンド
  - ◆ wmtコマンド

### ◆CDMの基本設定

- ネットワーク設定

Copyright (C) kosho.org 2002

31

## システム実装例(8)

### ◆CEのCDMでの承認(1)



The screenshot shows the Cisco CDM Device Console interface. The main content area displays a table of devices in a network. The table has columns for Device Name, Type, Uptime, Subscribed Channels, and IP Address. There are 5 devices listed. The first two devices (ce907a and ce907b) are of type 'ca' and have a 'none' subscription. The last three devices (ce430a, ce908a, and cdm4958a) are of type 'ce' and have 'Channel 2' as their subscription. The 'ce430a' device has a 'MANUAL\_UPGRADE' dropdown menu next to its subscription.

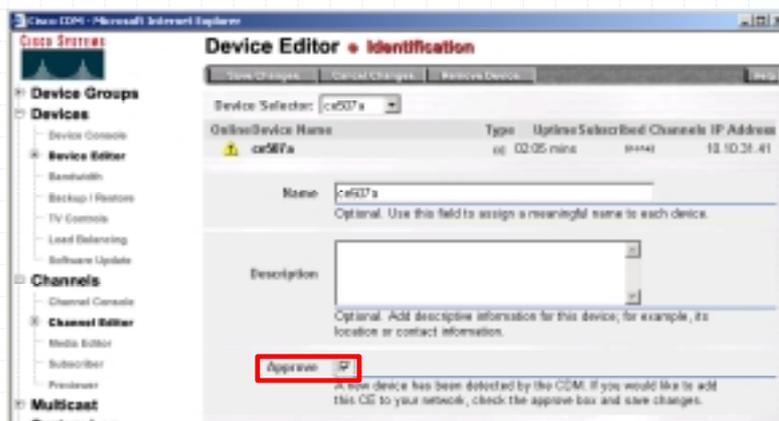
	On-Site Device Name	Type	Uptime	Subscribed Channels	IP Address
1	ce907a	ca	02:05 mins	none	
2	ce907b	ca	02:10 mins	none	
3	ce430a	ce	1 days 16:29	MANUAL_UPGRADE	10.10.30.51
4	ce908a	ce	1 days 16:42	Channel 2	10.10.30.41
5	cdm4958a	caa	22:14 mins	Channel 2	10.10.30.50

Copyright (C) kosho.org 2002

32

## システム実装例(9)

### ◆CEのCDMでの承認(2)



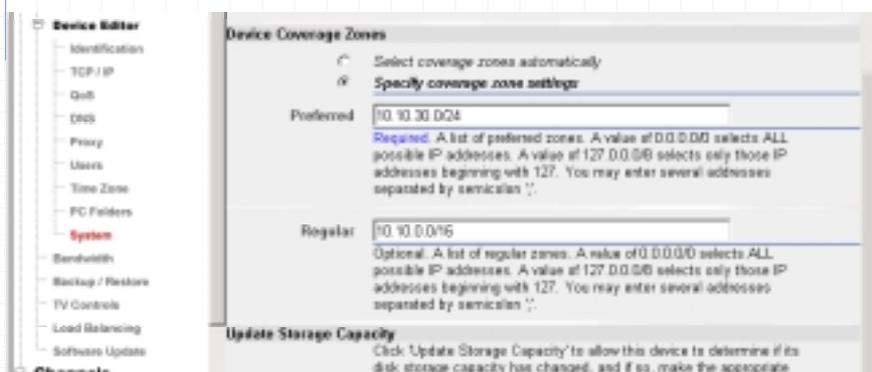
Copyright (C) kosho.org 2002

33

## システム実装例(10)

### ◆CEのカバレッジ(CEが配信するネットワーク)設定

- Preferred:正常時にカバーするネットワーク
- Regular:他のCEがダウンした時にカバーするネットワーク



Copyright (C) kosho.org 2002

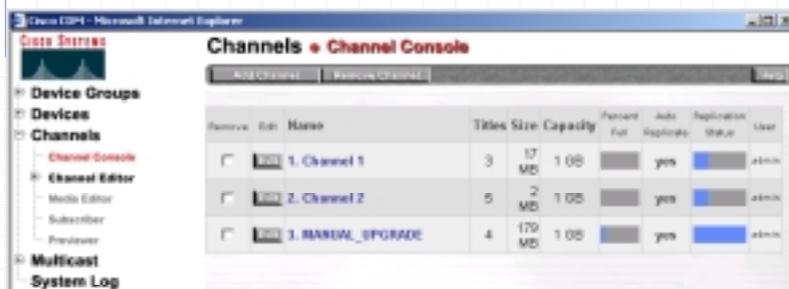
34

## システム実装例(11)

### ◆チャンネルの作成

#### ■チャンネル

#### ◆コンテンツを扱う単位



Remove	Edit	Name	Titles	Size	Capacity	Percent Full	Auto Replicate	Replication Status	User
<input type="checkbox"/>		1. Channel 1	3	17 MB	1 GB	<input type="checkbox"/>	yes		admin
<input type="checkbox"/>		2. Channel 2	5	2 MB	1 GB	<input type="checkbox"/>	yes		admin
<input type="checkbox"/>		3. MANAGE_UPGRADE	4	179 MB	1 GB	<input type="checkbox"/>	yes		admin

Copyright (C) kosho.org 2002

35

## システム実装例(12)

### ◆チャンネルの属性



Name	Titles	Size	Capacity	Percent Full	Auto Replicate	Replication Status	User
Channel 1	3	17 MB	1 GB	<input type="checkbox"/>	yes		admin

Name	Channel 1
Description	
Size Limit	1 MB / 1 GB #
Auto Subscribe	<input type="checkbox"/>
Auto Replicate	<input type="checkbox"/>
User	admin
Require SSL	<input type="checkbox"/>
Is License	<input type="checkbox"/>
Channel Icon	/images/Channel/default_channel.gif
Enable Multicast Replication	<input type="checkbox"/>

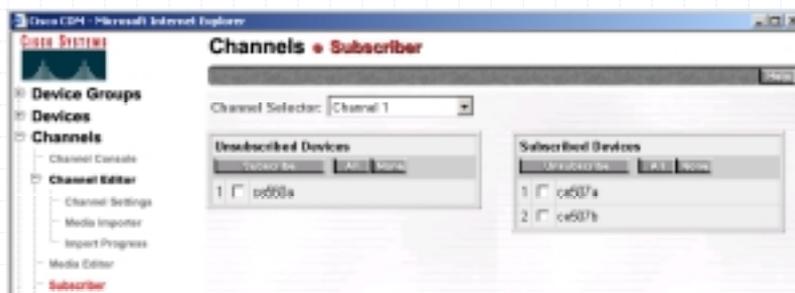
- Auto Subscribe:  
新しいCEが登録された時に自動的にこのチャンネルを登録
- Auto Replicate  
新規コンテンツ登録時に、自動的にレプリケーション

Copyright (C) kosho.org 2002

36

## システム実装例(13)

### ◆チャンネルのCEへの割り当て

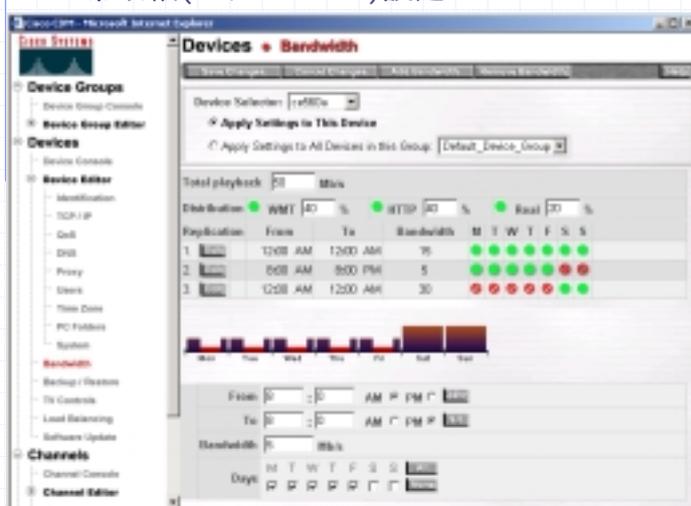


Copyright (C) kosho.org 2002

37

## システム実装例(14)

### ◆帯域幅(スケジュール)設定



Copyright (C) kosho.org 2002

38

## システム実装例(15)

### ◆コンテンツ登録

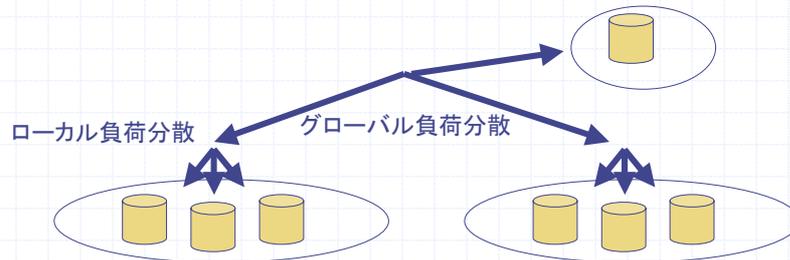
- FTP等でディレクトリへアップデート
  - ◆ ディレクトリ名
    - /import/チャンネル名/
    - 例
      - <ftp://CDMホスト/import/チャンネル名/>

## Part 4 ローカル負荷分散

## 負荷分散

### ◆ リクエストルーティング(負荷分散)の種類

- ローカル負荷分散
  - ◆ サイト内負荷分散
- グローバル負荷分散
  - ◆ サイト間負荷分散
  - ◆ 負荷+トポロジー分散



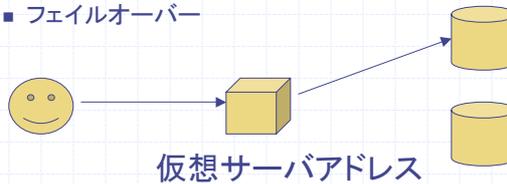
Copyright (C) kosho.org 2002

41

## ローカル負荷分散(1)

### ◆ サイト内負荷分散

- Layer 4スイッチ
  - ◆ 一つの仮想サーバアドレスを複数のサーバで共有
    - 負荷分散
    - フェイルオーバー



#### ◆ 手法

- NAT (Network Address Translation)
- DSR (Direct Server Return)
  - MAT (Mac Address Translation)
  - サーバヒンティング

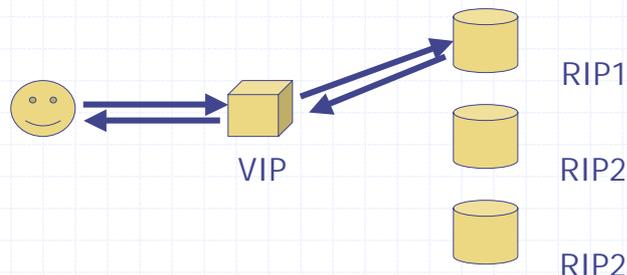
Copyright (C) kosho.org 2002

42

## ローカル負荷分散(2)

### ◆ NAT (Network Address Translation)

- SWが仮想サーバとしてパケットを受取る
- IPヘッダの書換
  - ◆ VIP→RIPx
- サーバ⇒クライアントへのパケットのIPアドレスも書換
  - ◆ サーバのデフォルトGWをL4SWに設定



Copyright (C) kosho.org 2002

43

## ローカル負荷分散(3)

### ◆ DSR (Direct Server Return)

- クライアントとサーバ間で直接にデータコネクションを持つ
- ストリーミングの場合、入るパケットと出るパケット数が大きく異なる
  - ◆ 出るパケットを直接Internetに流す事により、負荷分散装置の負荷を低減
- NAT不使用
  - ◆ データストリームを上手く扱えない負荷分散装置でも動く可能性が高い
- コネクション数の分散のみ
  - ◆ トラフィックの分散はできない
  - ◆ 詳細な負荷分散には、ストリーミングサーバ上の情報収集エージェントが必要

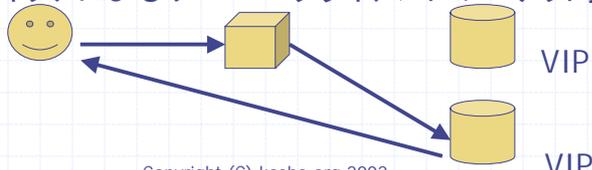
Copyright (C) kosho.org 2002

44

## ローカル負荷分散(4)

### ◆ MAT (Mac Address Translation)

- 仮想サーバアドレスを各サーバに設定
  - ◆ Loopbackインターフェイス
- 通常は、サーバ間で仮想サーバアドレスあてパケットの争奪戦が発生
- スイッチが争奪戦を回避
  - ◆ ARP不使用、MACアドレス指定によるサーバ指定
  - ◆ 出力スイッチPort指定
- L4スイッチによるサーバ⇒クライアントのパケット操作なし



Copyright (C) kosho.org 2002

45

## ローカル負荷分散(5)

### ◆ Loopbackインターフェイスへの仮想アドレスの割当

- Unix系
  - ◆ エイリアス
  - ◆ `ifconfig lo:1 129.168.0.200 netmask 255.255.255.255`
- Windows 2000
  - ◆ デフォルトではLoopbackインターフェイスを持たない
  - ◆ Loopbackインターフェイスを組み込み、アドレスを割り振る
- ◆ サーバの設定
  - 仮想IPにバインディング

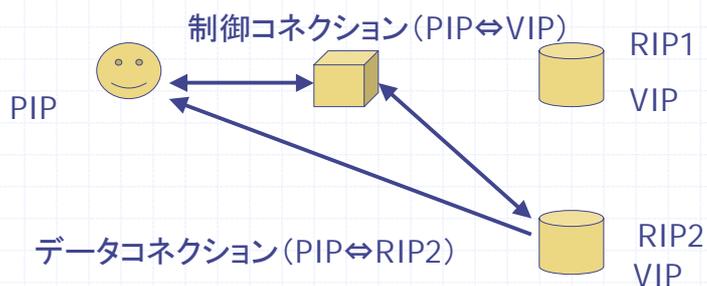
Copyright (C) kosho.org 2002

46

## ローカル負荷分散(6)

### ◆ サーバヒンティング

- 制御コネクションによる、データコネクション用サーバの指定
- クライアント側の対応も必要



Copyright (C) kosho.org 2002

47

## ローカル負荷分散(7)

### ◆ 一般的な注意(1)

- 制御チャネル(RTSP)
  - ◆ HTTPと類似のプロトコル
    - TCP、ポート番号固定、クライアントがコネクションを開始
  - ◆ HTTPと同様の負荷分散が可能

Copyright (C) kosho.org 2002

48

## ローカル負荷分散(8)

### ◆一般的な注意(2)

- データチャンネル(RTP等)
  - ◆ HTTPと、まったく異なるプロトコル
- HTTPとは異なる負荷分散の機能が必要
  - ◆ サーバがコネクションを開始
    - ソースNAT機能
  - ◆ 両方向UDP、フローティングポート
    - UDPの両方向通信
      - サーバからのストリームパケット
      - プレイヤからの定期的な転送状況パケット
    - 負荷分散するポートのレンジ指定
      - セキュリティ上の注意が必要

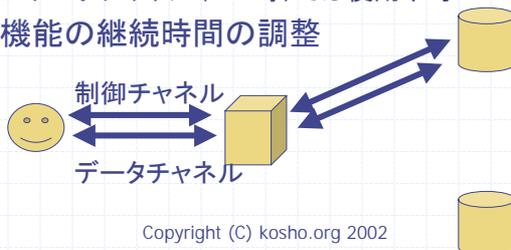
Copyright (C) kosho.org 2002

49

## ローカル負荷分散(9)

### ◆一般的な注意(3)

- 維持(パーシステンス)機能が必要
  - ◆ クライアントからのコネクションを一つのサーバに割振
    - 連続メディア、2つのチャンネルの利用
  - ◆ IPアドレスベースが一般的
    - 同じIPアドレスのリクエストは同一サーバに振分ける
  - ◆ Cookie、URLベースは使えない
    - データチャンネル(RTP等)では使用不可
- 維持機能の継続時間の調整



Copyright (C) kosho.org 2002

50

## ローカル負荷分散(10)

### ◆一般的な注意(4)

- 負荷分散するポートは慎重に決める
  - ◆ 必要十分なポートをSLBに設定する
- 理由
  - ◆ 必要性(マルチポート、全ての機能の負荷分散)
    - 互換性、HTTPクローキング等への対応のための複数のポート(HTTP, RTSP, ...)
      - クライアントは使用可能なポート、プロトコルをプローブ
    - スプリットティング、キャッシュ用ポート
      - 特別なポート・プロトコルが使われている場合がある
  - ◆ 十分性(SLBのディレイド・コネクション)
    - 不必要なポートをSLBに設定すると、クライアントのプローブ時にタイムアウト待ちが発生

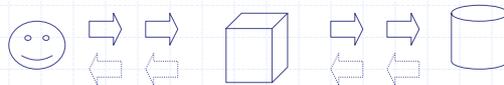
Copyright (C) kosho.org 2002

51

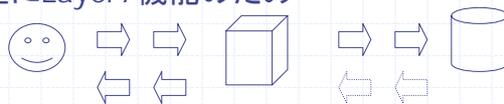
## ローカル負荷分散(11)

### ◆一般的な注意(5)

- シンプルNAT
  - ◆ SLBはパケット書換えのみ



- ディレイドコネクション
  - ◆ 実サーバに代わりSLBがTCPコネクションを受ける
  - ◆ 主にLayer7機能のため



Copyright (C) kosho.org 2002

52

## ローカル負荷分散(12)

### ◆ 一般的な注意(6)

- 負荷分散のメトリック
  - ◆ (重み付き)ラウンドロビン
  - ◆ コネクション数
    - コネクション1本あたりの帯域により負荷が異なる
    - マルチレートエンコーディング
  - ◆ トラフィック量
    - サーバの処理能力に差がある場合に上手く動かない
  - ◆ サーバ応答時間
    - あくまでもTCP(制御チャンネル)の接続応答時間
    - 計測値が不安定になりがち
  - ◆ サーバ負荷
    - ストリームサーバ上にエージェントが必要

## Part5 グローバル負荷分散

## グローバル負荷分散(1)

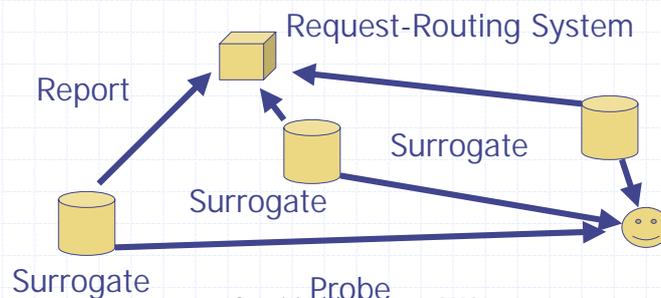
- ◆ サイト(Surrogate)間の負荷分散
  - 負荷+ネットワークポロジを考慮
- ◆ 手法
  - DNS Request Routing
  - Anycast
  - (L4SW間トンネリング)
  - リダイレクト、動的生成

Copyright (C) kosho.org 2002

55

## グローバル負荷分散(2)

- ◆ トポロジー計測(近隣Surrogate選択)
  - それぞれのSurrogateから計測
  - リクエストルーティングシステムで集計
  - BGP AS Path、Ping RTT、Router Hop、...
    - ◆ 最も精度が高いのはPing RTT



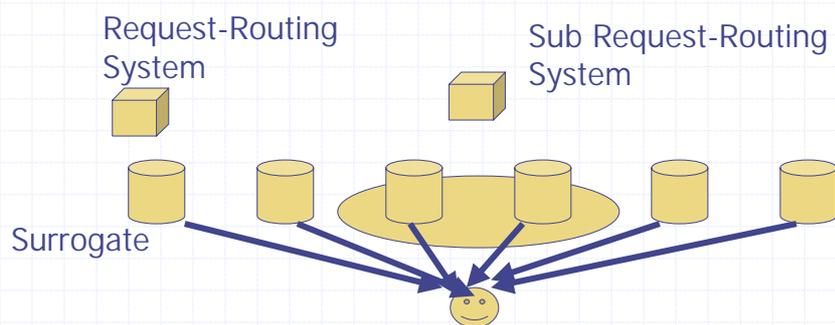
Copyright (C) kosho.org 2002

56

## グローバル負荷分散(3)

### ◆ Request-Routingのスケラビリティ問題

- Surrogateが1000箇所あれば、1000台からのプローブが飛ぶ
- グループ化により、Surrogateのプローブ先を制限
  - ◆ ヒューリスティックス



Copyright (C) kosho.org 2002

57

## グローバル負荷分散(4)

### ◆ Request-Routingのレスポンス問題

- 随時型の限界
  - ◆ 多数のSurrogateを使用している場合
  - ◆ Router Hop等の計測に時間がかかる計測を行なっている場合
- 定期的なプロービング、データベースへの格納
- グループ化

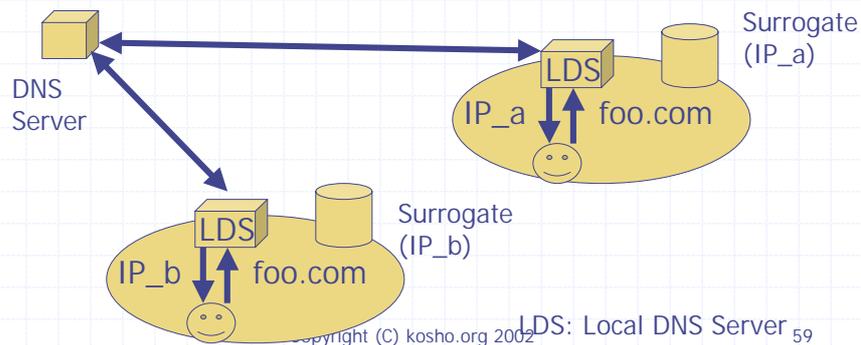
Copyright (C) kosho.org 2002

58

## グローバル負荷分散(5)

### ◆ DNS

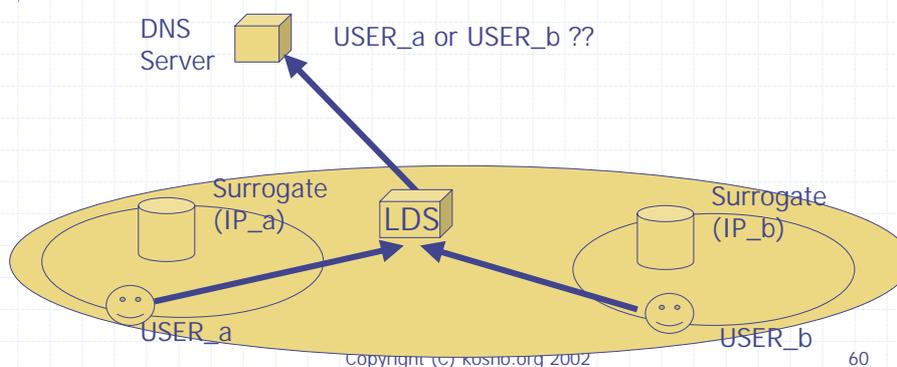
- ホスト名をResolveする時に、異なるIPアドレスを返す
  - ◆ ホスト単位のレゾリューション
  - ◆ ローカルDNS単位のユーザ認識
- WWW用としては実績多数



## グローバル負荷分散(6)

### ◆ ローカルDNS問題

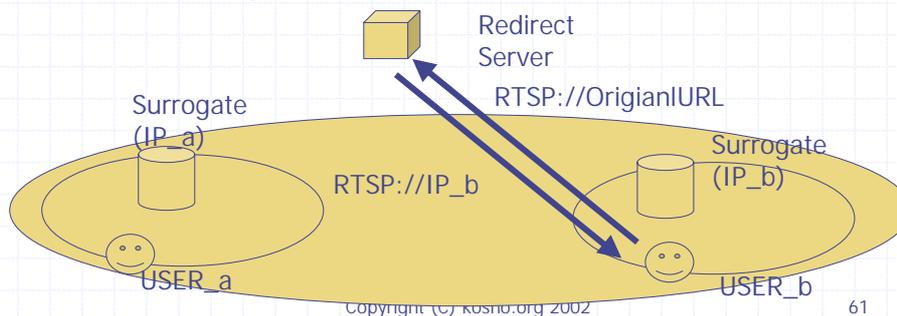
- ローカルDNS単位のユーザ認識
- 大手ISPでもローカルDNSサーバは数箇所程度
  - ◆ アクセスポイントは数十箇所



## グローバル負荷分散(7)

### ◆リダイレクト、動的生成(1)

- URLの動的生成、リダイレクト
  - ◆ オブジェクト単位のリダイレクト管理
  - ◆ クライアント単位の利用者認識
- RTSP(制御プロトコル)のリダイレクトをサポートしたプロダクトは少ない



61

## グローバル負荷分散(8)

### ◆リダイレクト、動的生成(2)

- オブジェクト、クライアント単位のリクエストルーティング
  - ◆ 細かい制御が可能
  - ◆ Request-Routing System 負荷
    - オブジェクト単位にRequest-Routingが発生
    - ストリーミングの場合、単位時間あたりの視聴コンテンツ数は少ない
  - ◆ 同一オブジェクトが複数のURLを持つ
    - Forwardingキャッシュとの相性が悪い
- プロービング
  - ◆ クライアント毎にプロービングが必要
    - クライアントが常時接続されているとは限らない
    - スケーラビリティ問題
  - ◆ なんらかのグルーピングが必要
    - ネットワークアドレス単位、アクセスポイント単位
    - ヒューリスティクス

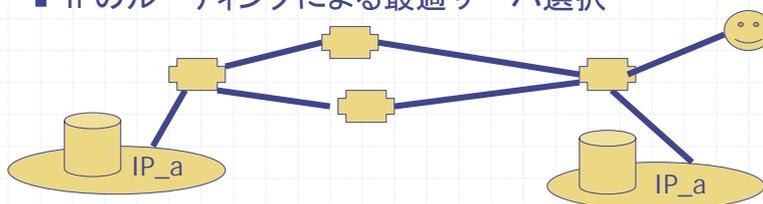
Copyright (C) kosho.org 2002

62

## グローバル負荷分散(9)

### ◆ Anycast

- 同一IPアドレスを持つサーバを複数のルーティング単位に設置
  - ◆ 運用技術
- 特別な設備は不要
  - ◆ 運用でカバー
- サーバの負荷分散、フェイルオーバーは困難
  - ◆ 運用でカバー
- IPのルーティングによる最適サーバ選択

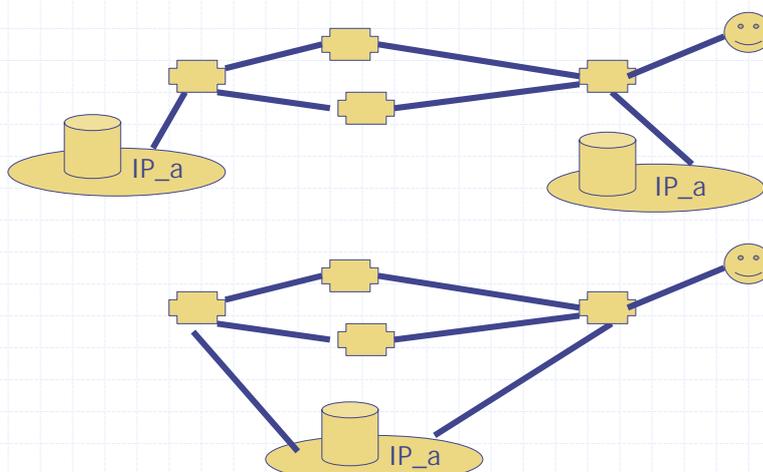


Copyright (C) kosho.org 2002

63

## グローバル負荷分散(10)

### ◆ Anycast



Copyright (C) kosho.org 2002

64

## グローバル負荷分散(11)

### ◆ 比較

	DNS	Redirect	Any Cast
レゾリューション粒度	サーバ	オブジェクト	サーバ
ユーザ認識粒度	ローカルDNS	クライアント	ルーティング単位
システム負荷	△	×	○
負荷分散、フェイルオーバー	△	○	×
スケーラビリティ	○	△	○
用途	広域 (ISP間)	閉域 (ISP内)	イベント

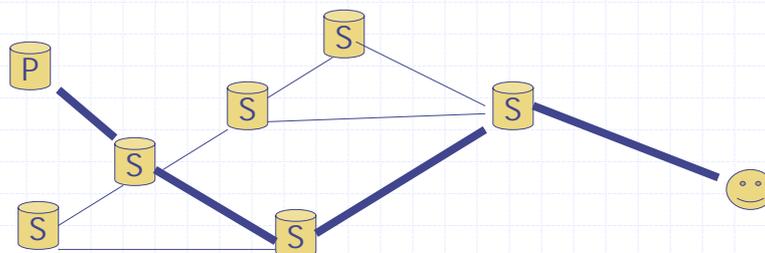
Copyright (C) kosho.org 2002

65

## グローバル負荷分散(12)

### ◆ 配信経路制御

- WWW
  - ◆ 最も近い最小負荷サーバ選択
- ストリーム
  - ◆ 複数のスプリッタを使った経路選択



Copyright (C) kosho.org 2002

66

## Part 6 オンデマンドCDN

## オンデマンドCDN(1)

### ◆ ストリーミングの特徴(WWWとの比較)

- 基本的に複製を許さない
  - ◆ メディアが高価値
  - ◆ Digital Rights Management
- 不完全性
  - ◆ 部分的再生
  - ◆ パケット落ちを許す配信
- 長時間再生
  - ◆ コンテンツを再生している時に、そのコンテンツが更新される可能性
  - ◆ リアルタイムの行動ひれき回収
- マルチレート転送
  - ◆ クライアントの状況によりエンコーディングレートが変化

## オンデマンドCDN(2)

### ◆ RFC2326

- ◆ Real Time Streaming Protocol (RTSP)
  - HTTPと同様のキャッシュ管理
    - ◆ Cache-Control:
    - ◆ SETUP (RSTP命令)時に、オブジェクトのキャッシュ属性をセットする
    - ◆ コンテンツのメタ情報(Description)のキャッシュ
  - HTTPとの違い
    - ◆ 連続メディア
      - コンテンツのマルチバージョン管理
        - 保持しているオブジェクトを配信している時は、そのオブジェクトを配信し続ける
      - 通過したチャンクだけをキャッシュ

## オンデマンドCDN(3)

### ◆ RFCドラフト(Expired)

- Caching Support in Standards-based RTSP/RTP Servers
- メタチャンネル
  - ◆ RTPで失われる情報を補う
- キャッシュヒット時も、リクエストを中継する
- オープン問題
  - ◆ コピープロテクション
  - ◆ アクセス・アカウントティング
  - ◆ ユーザ認証

## オンデマンドCDN(4)

### ◆ Real Proxy

- アカウンティング
  - ◆ 制御チャンネルを常に中継
  - ◆ キャッシュされているコンテンツもアカウンティングを行う
    - 配布権はストリームサーバで管理
    - 全てのLOGはオリジナルサーバにリアルタイムで中継
  - ◆ オリジナルサーバへの制御チャンネルが切れると、コンテンツの配送を中止
- オブジェクトの転送
  - ◆ 転送用プロトコル(TCP)を使用
    - 一定の領域単位の完全な転送
    - コンテンツの途中からの再生も可能

Copyright (C) kosho.org 2002

71

## オンデマンドCDN(5)

### ◆ キャッシュか部分ミラーか(1)

- キャッシュ
  - ◆ 技術的に発展途上
  - ◆ オブジェクトは自動的に複製される
    - 制御が不要
  - ◆ 制御コネクションが中継される
    - リアルタイムにアクセスLOGがプライマリサーバに集まる
- 部分ミラー
  - ◆ 技術的には枯れている
  - ◆ オブジェクトの複製は明示的に行なう
  - ◆ エッジサーバ上のアクセスLOGの回収が必要

Copyright (C) kosho.org 2002

72

## オンデマンドCDN(6)

### ◆ キャッシュか部分ミラーか(2)

- RedirectionによるRequest-Routing
  - ◆ コンテンツ単位のレゾリューション
  - ◆ 部分ミラーが可能に
    - 同一オブジェクトが複数のURLを保持
- DNSによるRequest-Routing
  - ◆ サーバ単位のレゾリューション
  - ◆ 部分ミラーは不可能
    - 全オブジェクトを持つ
    - キャッシュ型
      - 存在しないオブジェクトはオリジナルサーバから取得

## Part 7 ライブCDN

## ライブCDN(1)

- ◆ アプリケーション層ルーティング、QoS
  - ネットワーク層のルーティング、QoS
    - ◆ 自立・分散アルゴリズム
    - ◆ 複雑なポリシーの実現、俊敏な変更は困難
      - メトリック、アナウンス経路の変更
      - 複数のAS管理者の合意が必要
  - スプリッタ単位のラフな経路制御、QoS
    - ◆ ストリーミングのみの制御
    - ◆ 中央制御
      - 変更の俊敏性

## ライブCDN(2)

- ◆ 冗長配送
  - QoS機能のないInternet
    - ◆ 届けるためには、冗長性(帯域の無駄)を避けない
      - 配送コスト(ハウジング費用)も増加する
  - スプリッタ上でのバッファリング
    - ◆ サーバへの欠落パケットの再送要求
    - ◆ クライアントからの再送要求へのパケット再送
  - 冗長化
    - ◆ 経路、サーバ
    - ◆ パケット

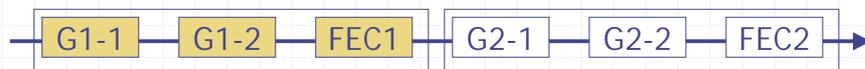
## ライブCDN(3)

- 経路の冗長化
  - ◆ スプリッタで結合
    - パケットを一定時間バッファ、シーケンス番号で判別
  - ◆ シームレスな切替
- エンコーダの冗長化
  - ◆ 異なるソース、コンテンツ
    - シーケンス番号が同じでも中身が異なる
  - ◆ タイムアウト、再バッファリングが切替時に発生

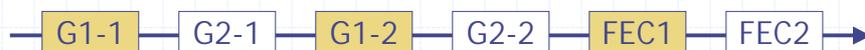


## ライブCDN(4)

- ◆ パケットの冗長化
  - Forward Error Correction (FEC)
  - ◆ 冗長パケットの付加



- ◆ グループ内のパケットが欠落しても冗長パケットにより復元
- ◆ 連続欠落対策
  - パケット送出の順番を混ぜる
  - バッファで回復



Copyright (C) kosho.org 2002

78

## Part 8 動的ストリーム

### 動的ストリーム(1)

#### ◆ Internetの強み

パーソナライズ、インタラクティブ

#### ◆ エッジサーバ上での動的生成が必要

- CDNの必要性はWWWと同じ
  - ◆ オリジンサーバからのストリーム配信では、クライアントに届かない
- 基本は、モバイルコード
  - ◆ セキュリティ管理
  - ◆ リソース管理
  - ◆ これらを考慮した言語、ライブラリ仕様

## 動的ストリーム(2)

### ◆ WWWとの違い

- WWWページの動的生成は容易
  - ◆ CPU負荷は軽い
  - ◆ 不連続メディア
- ストリームにおける動的生成は困難
  - ◆ 分類が必要
    - 時間軸上パーソナライズ
    - 画面上パーソナライズ
    - インタラクティブ

## 動的ストリーム(3)

### ◆ 容易な時間軸のカスタマイズ

- 番組中へのCMの挿入、ストーリーの選択
- プレイリストによる切替
  - ◆ バッファリングが発生
- スプリッタ上でのストリームの切替
  - ◆ ストリーミングプロトコル上でのマーキング
    - ストリーム間のI-Frameの同期

## 動的ストリーム(4)

### ◆ 困難な画面上のカスタマイズ

- 画面上へのCMの挿入、カスタム画面
- 画面の編集には、圧縮を戻す必要がある
  - ◆ 高負荷
  - ◆ 圧縮の非可逆性
- オブジェクト化
  - ◆ MPEG4
    - 複数のストリームの合成(同期)は困難
- クライアントでの合成
  - ◆ Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL)等での重ね合せ
    - 再バッファリング
  - ◆ クライアント負荷
    - エンコーディングレート調整の必要性
  - ◆ CM抜きクライアントの可能性

Copyright (C) kosho.org 2002

83

## 動的ストリーム(5)

### ◆ 困難なインタラクティブ

- ストリーミングの問題点
  - ◆ エンコーディング
    - フレーム間圧縮
  - ◆ バッファリング
    - Internetの不安定性のカバー
- アプリケーション層によるQoSの実現
  - ◆ 広域QoS Provider
    - TCP over UDP over IP
    - 帯域に合わせた、エンコーディング、レゾリューションレートの変更

Copyright (C) kosho.org 2002

84

## Part 9 コンテンツ・インターネットワーキング

### コンテンツ・インターネットワーキング(1)

#### ◆ 複数のCN事業者

- グローバルCN
- ISP内CN
- それぞれが独自にSurrogateを配置

#### ◆ 複数CNの統合

- CNのカバー率の向上
  - ◆ 到達可能なサロゲート (*Reachable Surrogate*)を増やす
- コンテンツ・インターネットワーキング
  - ◆ CN間でのコンテンツの相互流通

#### ◆ IETF Content Internetworking (CDI) working group

## コンテンツ・インターネットワーキング(2)

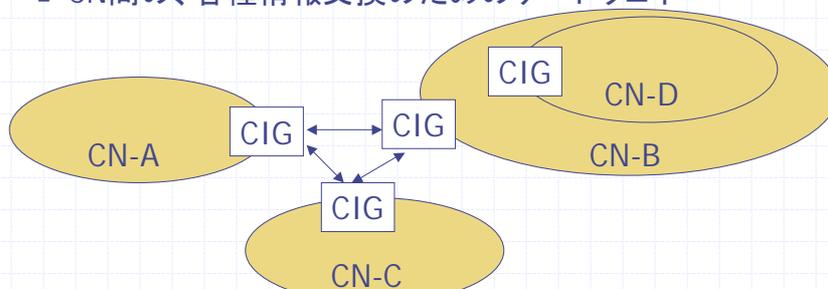
- ◆ CDIワーキンググループDraft
  - A Model for Content Internetworking (CDI)
    - ◆ 基本用語とモデル
  - Content Internetworking Architectural Overview
    - ◆ 基本アーキテクチャ
  - Content Internetworking (CDI) Scenarios
    - ◆ シナリオ(処理手順とバリエーション)
  - Request-Routing Requirements for Content Internetworking
    - ◆ リクエストルーティングへの要求
  - Content Distribution Internetworking (CDI) AAA Requirements
    - ◆ アカウンティングへの要求
  - Known CN Request-Routing Mechanisms
    - ◆ リクエストルーティングのサーベイ
  - Security Threat for Content Internetworking
    - ◆ セキュリティに関する要求

Copyright (C) kosho.org 2002

87

## コンテンツ・インターネットワーキング(3)

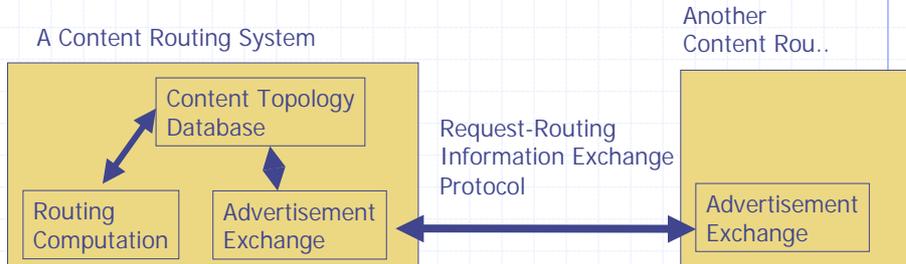
- ◆ 他のCNIはブラックボックスとして扱う
  - 階層的(ツリー構造)
  - ピアリング
  - コンテンツのURIを保持
- ◆ Content Internetworking Gateway (CIG)
  - CN間の、各種情報交換のためのゲートウェイ



Copyright (C) kosho.org 2002

88

## コンテンツ・インターネットワーキング(4)



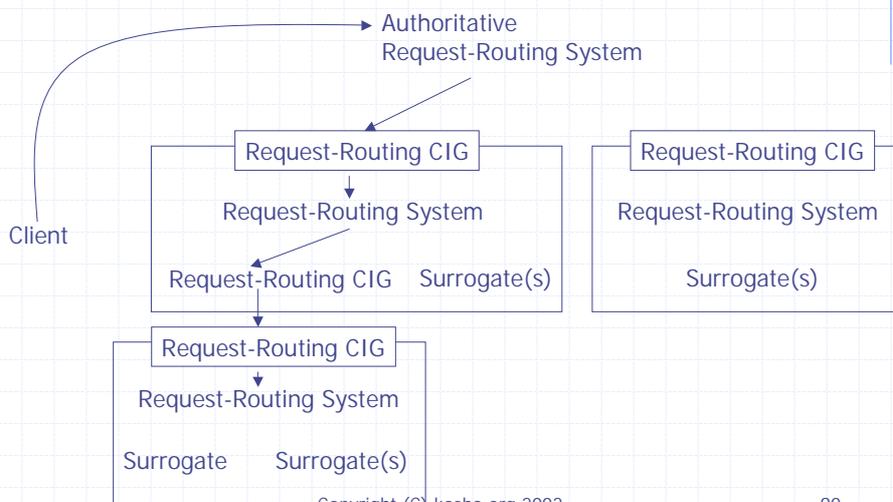
- ◆ Content Topology Database
  - 例
    - ◆ Network block, Surrogate or CN, Content-names, System Load
- ◆ Request-Routing Information Exchange Protocol
  - Area Advertisements
    - ◆ CNがカバーするトポロジー・パフォーマンス情報
  - Content Advertisements
    - ◆ CNが保持する(複製した)コンテンツ情報

Copyright (C) kosho.org 2002

89

## コンテンツ・インターネットワーキング(5)

### ◆ 階層的リクエストルーティング

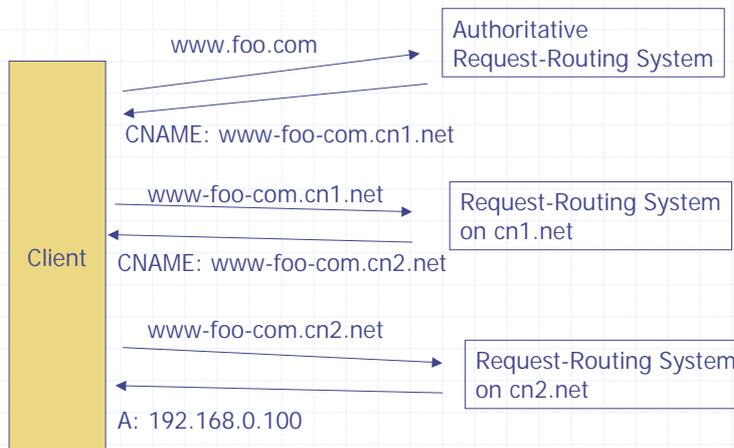


Copyright (C) kosho.org 2002

90

## コンテンツ・インターネットワーキング(6)

### ◆ 階層的リクエストルーティング(サンプル)



Copyright (C) kosho.org 2002

91

## コンテンツ・インターネットワーキング(7)

### ◆ ディストリビューション・システムの3大要素

- Replication
  - ◆ 複製作成
- Content Signaling
  - ◆ メタデータ (コンテンツのExpiration, Flash情報等)送信
- Content Advertisements
  - ◆ CN内で保持するコンテンツ情報
  - ◆ 流通許可の送信
  - ◆ 対比
    - Area Advertisements
      - CNがカバーするトポロジー・パフォーマンス情報

Copyright (C) kosho.org 2002

92

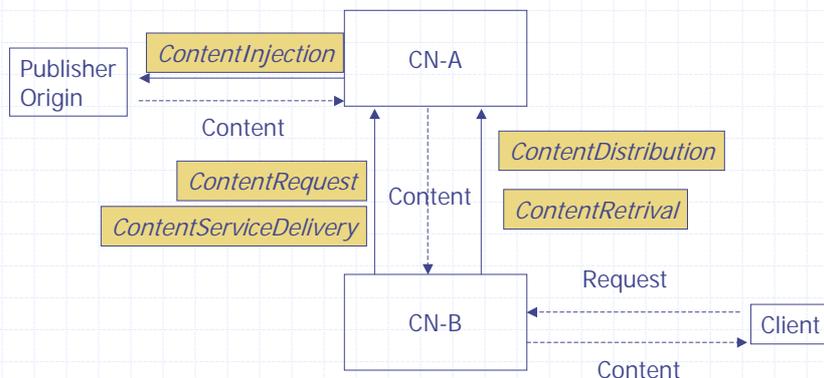
## コンテンツ・インターネットワーキング(8)

### ◆ アカウンティング

- CDR (Content Detail Record)
  - ◆ コンテンツに関連するイベントの通知
  - ◆ 種類
    - ContentInjection
      - パブリッシャーによるCNへのコンテンツの挿入
    - ContentRequest
      - クライアントによるコンテンツ要求
    - ContentDistribution
      - 他のCN内でのコンテンツ流通
    - ContentRetrieval
      - CNIにおけるコンテンツのMISS時のコンテンツ要求
    - ContentServiceDelivery
      - コンテンツの配達

## コンテンツ・インターネットワーキング(9)

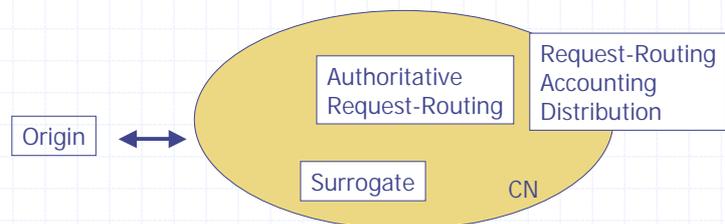
### ◆ アカウンティングダイアグラム



## コンテンツ・インターネットワーキング(10)

### ◆ CNのバリエーション

- インターネットワーキングにおけるCNの種類
  - ◆ CNにおける4大要素
    - Request-Routing, Distribution, Accounting, Surrogate
  - ◆ 特別なCN
    - PCN, BCN, LCN



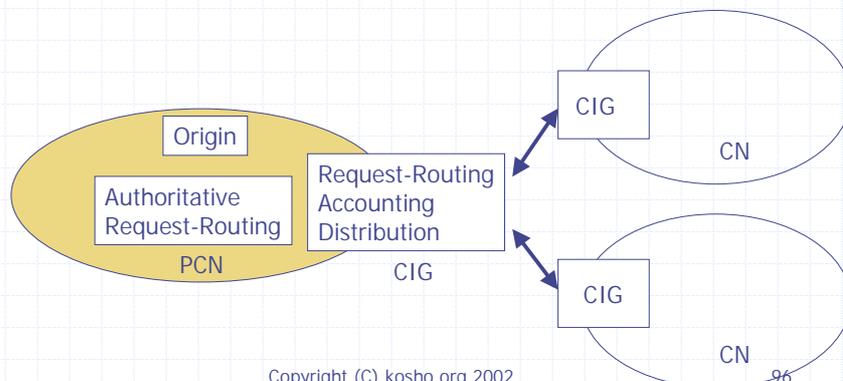
Copyright (C) kosho.org 2002

95

## コンテンツ・インターネットワーキング(11)

### ◆ Publishing Content Network (PCN)

- 特定のPublisher用インターネットワーキング
  - ◆ クライアントへのDeliveryは直接行なわない
    - Surrogate以外の全ての機能を持つ



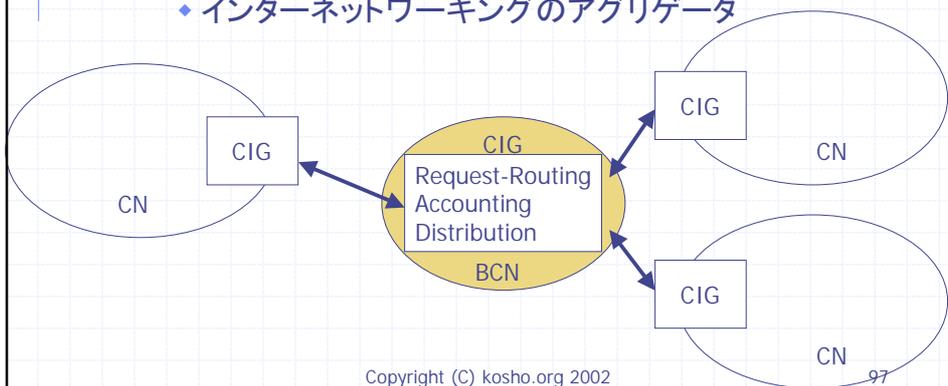
Copyright (C) kosho.org 2002

96

## コンテンツ・インターネットワーキング(12)

### ◆ *Brokering Content Network (BCN)*

- Content Internetworking Gateway (CIG)のクリアリングハウス
  - ◆ Surrogateを持たない
  - ◆ インターネットワーキングのアグリゲータ

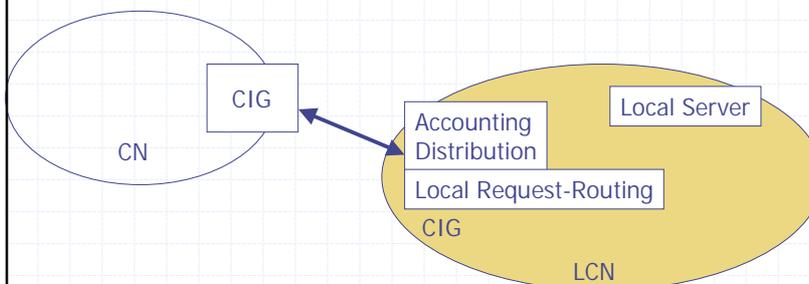


Copyright (C) kosho.org 2002

## コンテンツ・インターネットワーキング(13)

### ◆ *Local Request-Routing Content Network (LCN)*

- イン트라ネット用CN
  - ◆ Local Routing
    - 特定のLocal Server (Proxy等)にリクエストを導く
  - ◆ 他のCNとインターネットワーキングを行なう



Copyright (C) kosho.org 2002

98

## 質問、議論

### ◆ Broadband Association ML

- <http://ml.bb-a.org/>
  - ◆ bb-tech
  - ◆ bb-biz

### ◆ サーバ負荷分散技術

- Tony Bourke著、鍋島公章 監訳、オライリー・ジャパン